

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2004 年 7 月 22 日 (22.07.2004)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2004/061496 A1

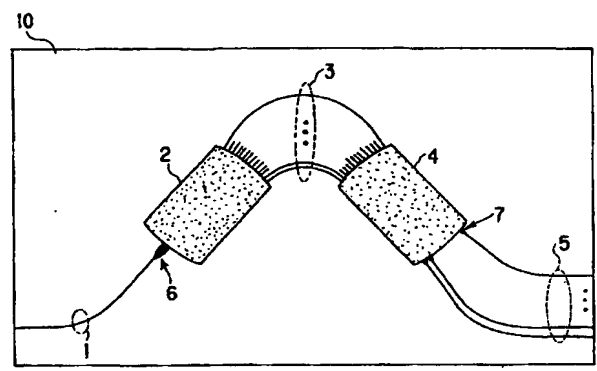
- (51) 国際特許分類: G02B 6/12
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2003/017065
- (22) 国際出願日: 2003 年 12 月 26 日 (26.12.2003)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2002-378882
2002 年 12 月 27 日 (27.12.2002) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 日本電信電話株式会社 (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION) [JP/JP]; 〒100-8116 東京都千代田区大手町 2 丁目 3 番 1 号 Tokyo (JP). エヌティエレクトロニクス株式会社 (NTT ELECTRONICS CORPORATION) [JP/JP]; 〒150-0043 東京都渋谷区道玄坂一丁目 1 2 番 1 号 Tokyo (JP).

- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 鬼頭 勤 (KI-TOH, Tsutomu) [JP/JP]; 〒180-8585 東京都武蔵野市緑町 3 丁目 9-11 NTT 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 井上 靖之 (INOUE, Yasuyuki) [JP/JP]; 〒180-8585 東京都武蔵野市緑町 3 丁目 9-11 NTT 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 井藤 幹隆 (ITO, Mikitaka) [JP/JP]; 〒180-8585 東京都武蔵野市緑町 3 丁目 9-11 NTT 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 日比野 善典 (HIBINO, Yoshinori) [JP/JP]; 〒180-8585 東京都武蔵野市緑町 3 丁目 9-11 NTT 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 金子 明正 (KANEKO, Akimasa) [JP/JP]; 〒150-0043 東京都渋谷区道玄坂一丁目 1 2 番 1 号 エヌティエレクトロニクス株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 谷 義一 (TANI, Yoshikazu); 〒107-0052 東京都港区赤坂 2 丁目 6-2 O Tokyo (JP).

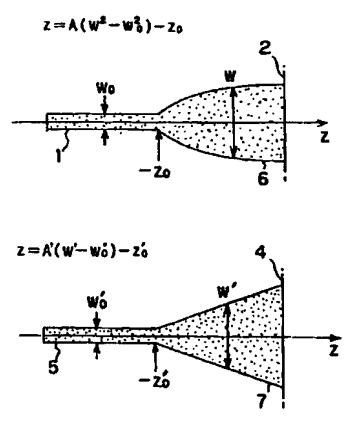
[続葉有]

(54) Title: ARRAY WAVEGUIDE LATTICE TYPE OPTICAL MULTILEXER/DEMULTIPLEXER CIRCUIT

(54) 発明の名称: アレイ導波路格子型光合分波回路



(57) Abstract: An array waveguide lattice type optical multiplexer/demultiplexer circuit in which wavelength dispersion is reduced. An input waveguide (1), a first slab waveguide (2), an array waveguide (3), a second slab waveguide (4) and an output waveguide (5) are connected sequentially. Furthermore, a parabola waveguide (6) is provided between the input waveguide (1) and the first slab waveguide (2), and a taper waveguide (7) is provided between the second slab waveguide (4) and the output waveguide (5). A parabola waveguide length Z_0 exists in a range $Z_{a,0} \leq Z_0 \leq Z_{p,0}$ determined by a parabola waveguide length $Z_{a,0}$ where the ratio of absolute amplitude between the main peak and the first side peak in the field distribution of far-field of the parabola waveguide (6) has an upper limit of 0.217, and a parabola waveguide length $Z_{p,0}$ where the relative phase of the main peak and the first side peak in the field distribution of far-field has a lower limit of 3.14 radian.



(57) 要約: 本発明は、波長分散を低減したアレイ導波路格子型光合分波回路を提供する。入力導波路(1)と第1のスラブ導波路(2)とアレイ導波路(3)と第2のスラブ導波路(4)と出力導波路(5)が順次接続され、更に、入力導波路(1)と第1のスラブ導波路(2)との間に配置されたパラボラ導波路(6)と第2のスラブ導波路(4)と出力導波路(5)との間に配置されたテーパ導波路(7)とを有し、パラボラ導波路(6)の遠方界の電界分布のメイン・ピークと第1サイド・ピークの振幅絶対値の比が0.217を上限とするパラボラ導波路長 $Z_{a,0}$ と、遠方界の電界分布のメイン・ピークと第1サイド・ピークの相対位相が3.14ラジアンを下限とするパラボラ導波路長 $Z_{p,0}$ によって定められた範囲 $Z_{a,0} \leq Z_0 \leq Z_{p,0}$ にパラボラ導波路長 Z_0 が存在する。



(81) 指定国 (国内): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (広域): ARIPO 特許 (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア特許 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ

特許 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI 特許 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

- 1 -

明 細 書

アレイ導波路格子型光合分波回路

5

技術分野

本発明は、光波長多重通信システムに用いるアレイ導波路格子型光合分波器に関する。

10 背景技術

現在、通信容量の拡大のために複数の光波長を用いた光波長多重通信システムの開発が盛んである。この光波長多重通信システムにおいて、送信機側で複数の波長の光信号を合波したり、受信機側で1本の光ファイバ中の複数の光信号を異なるポートに分波したりする光波長合分波回路として、アレイ導波路格子型光合分波回路が広く使用されている。

15

FIG. 8は、従来のアレイ導波路格子型光合分波回路の構成図である。

20

FIG. 8に示すように、従来のアレイ導波路格子型光合分波回路は、入力導波路1と、入力導波路1に接続された第1のスラブ導波路2と、第1のスラブ導波路2に接続され、所定の導波路長差で順次長くなる複数の光導波路からなるアレイ導波路3と、アレイ導波路3に接続された第2のスラブ導波路4と、第2のスラブ導波路4に接続された複数の出力導波路5とを有する（例えば、K. Okamoto, "Fundamentals of Optical Waveguides", Academic Press, pp. 346-381, 2000 参照）。これらは、平面な基板10上に形成された屈折率の高いコアとその回りのクラッドから成る光導波路を用いて構成されている。

25

FIG. 8に示す従来のアレイ導波路格子型光合分波回路において、入力導波

- 2 -

路 1 に導かれた光は、第 1 のスラブ導波路 2 で拡がり、アレイ導波路 3 の各々の光導波路へ分岐される。そして、第 2 のスラブ導波路 4 で再び合波されて出力導波路 5 へと導かれる。この時、第 1 のスラブ導波路 2 のアレイ導波路 3 側の端部に投射された光フィールドパターンは、基本的に第 2 のスラブ導波路 4
5 のアレイ導波路 3 側の端部にコピーされることになる。

更に、アレイ導波路 3 では、隣り合う光導波路同士が ΔL だけ光路長が異なるように設けられているため、入力された光の波長に依存して光フィールドが傾きを持つこととなる。この傾きによって、第 2 のスラブ導波路 4 の出力導波路 5 側において、光フィールドが焦点を結ぶ位置を波長ごとに変化させ、その
10 結果、波長分波が可能となる。なお、出力導波路 5 側から光を入射する場合、光の相反性により、異なる波長の光を合波して入力導波路 1 から光を出射することとなる。

このようなアレイ導波路格子型光合分波回路は、1 本の光ファイバに異なる波長を持つ信号を複数伝送させる光多重通信システムにおいて、必要不可欠な
15 光部品となりつつある。

更に、FIG. 8 に示したアレイ導波路格子型光合分波回路の透過波長帯域幅を拡げたパスバンド拡大アレイ導波路格子型光合分波回路の提案も種々行われている（例えば、K. Okamoto and A. Sugita, "Flat spectral response arrayed-Waveguide grating multiplexer with Parabolic waveguide horns",
20 Electronics Letters, Vol.32, No. 18, pp. 1661-1662, 1996 参照）。

FIG. 9 A 及び FIG. 9 B は、従来のパスバンド拡大アレイ導波路格子型光合分波回路の構成図である。

FIG. 9 A に示すように、従来のパスバンド拡大アレイ導波路格子型光合分波回路は、FIG. 8 に示した従来のアレイ導波路格子型光合分波回路の入力導
25 波路 1 と第 1 のスラブ導波路 2 の間に、放物線状のパラボラ導波路 6 を設けた

- 3 -

構成である。このパラボラ導波路6は、FIG. 9Bに示すように、Aを係数、 W_0 を入力導波路1の幅、 Z_0 を第1のスラブ導波路2からのパラボラ導波路6の長さとする、第1のスラブ導波路2に接する入力光導波路1の幅Wが、光波の伝搬軸Zに対して、以下の数式で規定されるものである。

5 $Z = A (W^2 - W_0^2) - Z_0$

このようなパラボラ導波路6を用いた場合、パラボラ導波路6が形成する光フィールドは、FIG. 10A及びFIG. 10Bに示すような分布となる。FIG. 10Aは、FIG. 9Bに示したパラボラ導波路6での光フィールドの3次元の分布図であり、FIG. 10Bは、パラボラ導波路6の端部、即ち、パラボラ導波路6と第1のスラブ導波路2との境界でのパラボラ導波路6の幅方向(x方向)の光フィールドの2次元の分布図である。

FIG. 10Aに示すように、入力導波路1における光フィールドは、1つのピークを有しているが、パラボラ導波路6においては(FIG. 10A中 $Z = -Z_0$ の位置から右側の部分)、2つのピークを有する光フィールド分布を形成する。そして、パラボラ導波路6がスラブ導波路2と接する境界部分での光フィールドの分布は、FIG. 10Bに示すように、ダブルピークを有するものとなる。したがって、第2のスラブ導波路4の出力導波路5側の端部でも、このダブルピークを持った光フィールドが再生されて出力導波路5と結合するため、透過波長帯域の拡大を実現することができる。

20 しかしながら、上述したパラボラ導波路を備えた従来のパスバンド拡大アレイ導波路格子型光合分波回路は、重大な欠点を有していた。すなわち、パラボラ導波路内の位相分布に起因する大きな波長分散値を有していた。FIG. 11に、従来のパスバンド拡大アレイ導波路格子型光合分波回路における光の波長に対する波長分散及び損失のグラフを示す。FIG. 11から明らかなように、
25 光の波長に対する波長分散は、中心波長において大きな波長分散値を有し、そ

- 4 -

こを最大の波長分散値として、その前後の波長において大きく変化していることが分かる。このような波長分散特性は、1つのチャネル内で光の信号スペクトル成分に異なる遅延時間を与えるため、光信号（パルス）の劣化が著しいという問題を引き起こしていた。

- 5 本発明は上記課題に鑑みなされたもので、波長分散を低減したアレイ導波路格子型光合分波回路を提供することを目的とする。

発明の開示

上記課題を解決する本発明のアレイ導波路格子型光合分波回路は、平面基板
 10 上の屈折率の高いコアとその回りのクラッドから成る光導波路を用いて構成され、複数の第1の光導波路と、前記第1の光導波路に接続された第1のスラブ導波路と、前記第1のスラブ導波路に接続され、所定の導波路長差で順次長くなる複数の光導波路からなるアレイ導波路と、前記アレイ導波路に接続された第2のスラブ導波路と、前記第2のスラブ導波路に接続された複数の第2の光
 15 導波路とを有し、前記第1のスラブ導波路に接する前記第1の光導波路の幅 W が、光波の伝搬軸 Z に対して、 A を係数、 W_0 を前記第1の光導波路の幅、 Z_0 を前記第1のスラブ導波路からの長さとする、

$$Z = A (W^2 - W_0^2) - Z_0$$

前記第2のスラブ導波路に接する前記第2の光導波路の幅 W' が、光波の伝
 20 搬軸 Z に対して、 A' を係数、 W_0' を前記第2の光導波路の幅、 Z_0' を前記第2のスラブ導波路からの長さとする、

$$Z = A' (W'^2 - W_0'^2) - Z_0'$$

によって規定されるテーパ導波路であり、前記パラボラ導波路の遠方界の電界分布のメイン・ピークと第1サイド・ピークの振幅絶対値の比が0.217
 25 を上限とするように設定したパラボラ導波路長さ $Z_{a,0}$ と、遠方界の電界分布

のメイン・ピークと第1サイド・ピークの相対位相が3.14ラジアンを下限とするよう設定したパラボラ導波路長さ $Z_{p,0}$ によって定められた範囲にパラボラ導波路長さ Z_0 を設定したこと

$$Z_{a,0} \leq Z_0 \leq Z_{p,0}$$

5 を特徴とする。

また、上記課題を解決する本発明のアレイ導波路格子型光合分波回路は、前記光導波路が、シリコンの平面基板上の石英系ガラス光導波路で構成されていることを特徴とする。

10 図面の簡単な説明

FIG. 1は、一般的なsinc関数の振幅及び位相を示すグラフである。

FIG. 2は、パラボラ導波路の遠方界の振幅及び位相を示すグラフである。

FIG. 3は、メイン・ピークに対する第1サイド・ピークの振幅及び位相とパラボラ導波路の構造を示す変数との関係を示すグラフである。

15 FIG. 4は、波長分散とパラボラ導波路の構造を示す変数との関係を示すグラフである。

FIG. 5Aは、本発明に係る実施形態の一例を示すアレイ導波路格子型光合分波回路の構成図で、その全体図である。

FIG. 5Bは、本発明に係る実施形態の一例を示すアレイ導波路格子型光合
20 分波回路の構成図で、パラボラ導波路の構成図である。

FIG. 5Cは、本発明に係る実施形態の一例を示すアレイ導波路格子型光合分波回路の構成図で、テーパ導波路の構成図である。

FIG. 6A～FIG. 6Eは、本発明に係るアレイ導波路格子型光合分波回路の製造工程を示す図である。

25 FIG. 7Aは、本発明に係るアレイ導波路格子型光合分波回路のパラボ

ラ導波路長さ Z_0 と波長分散の関係を示すグラフである。

FIG. 7B は、本発明に係るアレイ導波路格子型光合分波回路の波長分散特性及び損失を示すグラフである。

FIG. 8 は、従来のアレイ導波路格子型光合分波回路の構成図である。

5 FIG. 9A は、従来のパスバンド拡大アレイ導波路格子型光合分波回路の構成図で、その全体図である。

FIG. 9B は、従来のパスバンド拡大アレイ導波路格子型光合分波回路の構成図で、パラボラ導波路の構成図である。

FIG. 10A 及び FIG. 10B は、パラボラ導波路の光フィールドの分布
10 図である。

FIG. 11 は、従来のパスバンド拡大アレイ導波路格子型光合分波回路の波長分散特性及び損失を示すグラフである。

発明を実施するための最良の形態

15 アレイ導波路格子型光合分波回路において、平坦な透過特性のパスバンドを有し、更に、低波長分散であるためには、パラボラ導波路を有し、更に、そのパラボラ導波路の遠方界の電界分布が等位相で矩形であることが望ましい。この場合のパラボラ導波路の遠方界の電界分布の振幅は、 sinc 関数になることが知られている。

20 図1は、一般的な sinc 関数の数式を以下に示し、 sinc 関数となる振幅及び位相のグラフを示す図である。

$$G(\xi) = \text{sinc}(\pi\xi) = \sin(\pi\xi) / \pi\xi$$

ここで、変数 ξ は角度 (rad.) を π により規格化したものである。

FIG. 1 に示すように、 sinc 関数となる振幅は、中心にメイン・ピーク
25 を有し、その両側に対称的に複数の小さいピークを有する分布となる。また、

- 7 -

sinc 関数は実関数で、虚部がゼロであるため位相面は等しくなる。すなわち、位相は変数 $\xi = 0$ 近傍に平坦な位相（等位相）部分を有する矩形波となる。

一方、実際のパラボラ導波路の遠方界の電界分布は、FIG. 2 に示すグラフとなる。FIG. 2 に示すように、パラボラ導波路の遠方界の電界分布の振幅は、 sinc 関数に類似しており、メイン・ピークの両側に 2 つのサイド・ピーク（第 1 サイド・ピーク）が存在する分布となる。又、位相は角度 $\theta = 0$ 近傍に略平坦な位相部分を有する分布となる。なお、FIG. 2 のグラフにおいて、振幅は絶対値を示し、角度 θ はパラボラ導波路に入射する光波の進行方向（光軸）を 0 としたものである。

FIG. 1 及び FIG. 2 の比較からわかるように、理想的な電界分布、即ち、等位相で矩形状の電界分布とするには、実際のパラボラ導波路の遠方界の電界分布において、そのメイン・ピークの振幅、位相を基準として、第 1 サイド・ピークの振幅、位相を、 sinc 関数との近似尺度として考えればよい。つまり、本発明は、アレイ導波路格子型光合分波回路において、パラボラ導波路の遠方界の電界分布を sinc 関数との近似尺度として規定することにより、等位相で矩形状の電界分布とし、平坦なパスバンドの透過特性及び低波長分散を実現するものである。

FIG. 3 には、パラボラ導波路の遠方界の電界分布において、メイン・ピークの振幅、位相に対する第 1 サイド・ピークの振幅比、相対位相を sinc 関数との近似尺度として示す。具体的には、ビーム伝搬法を用いて得られたパラボラ導波路の近視野像をフーリエ変換することによって算出した。これは、メイン・ピークの振幅を 1 とした場合の第 1 サイド・ピークの振幅を振幅比とし、メイン・ピークの位相に対する第 1 サイド・ピークの位相の差を相対位相として、変数 ξ に対してそれぞれプロットしたものである。この変数 ξ は、パラボラ導波路の構造を示すパラメータであり、従来のパラボラ導波路の設計値の長

- 8 -

さが $\zeta = 1$ となるように規格化したものである。FIG. 3では $Z_0 = 250 \mu\text{m}$ とした。なお、パラボラ導波路の Z_0 の値はパスバンドなどの透過特性、更には、FIG 9BのAの値に依存する。

FIG. 1より、 sinc 関数の振幅比は0.217であり、相対位相は3.14である。一方、FIG. 3より ζ の値が増大するにつれて振幅比、相対位相は共に減少する傾向にある。 $\zeta = 1$ の従来設計の値を sinc 関数の理想値に近づけるためには、振幅比の観点より ζ を1.5近傍にする必要がある。また、相対位相の観点からは、 ζ を1.8近傍にする必要がある。したがって、両者を完全に sinc 関数の理想値に完全に一致させることは出来ないが、概ね、 ζ の値を1.5から1.8の間に最良の設計点があると考えられる。

そこで、変数 ζ に対する波長分散の最良の設計点を確認するため、 ζ により構造が特定されたパラボラ導波路を有し、パスバンドが拡大されたアレイ導波路格子型光合分波回路での波長分散特性をFIG. 4に示す。又、これは、チャンネル内で最も大きな波長分散を与える波長（例えば、FIG. 11中の1550 nm付近の波長）について、パラボラ導波路の構造を示す変数 ζ への波長分散の依存性を示したものである。なお、このアレイ導波路格子型光合分波回路は、チャンネル間隔が50 GHzである。

FIG. 4のグラフに示すように、変数 ζ を1.6にすると波長分散はゼロになる。この値は、1.5から1.8の間であり、7ページに記述の通り最良の設計点の存在が確認できる。つまり、パラボラ導波路の構造を示す変数 ζ を適切に設定することで、パラボラ導波路の遠方界の電界分布を適切に規定することとなり、結果的に波長分散値が低減されることを意味する。具体的には、「振幅比で0.217を上限とすると」と「相対位相で3.14を下限とすると」によって定められた条件の下で（FIG. 3参照）、変数 ζ が波長分散を低減する最適な値となる。したがって、従来からパラボラ導波路が有していた

透過波長の広帯域特性と、従来は同時に実現することがなかった低波長分散特性とを、同時に実現することができる。

更に、従来は、波長分散を導出するためには、アレイ導波路格子型光合分波回路全体を数値計算等によって解析し、その伝達関数の位相角の2階微分より、
5 波長分散を導出していた。しかし、本発明では、変数 ω を用いることにより、波長分散を導出する手順が省略できるため、パラボラ導波路の長さを適切に決定する指針を与えることができ、光回路製造における設計時間を大幅に短縮することができる。

FIG. 5 Aに、上記効果を実現する本発明に係る実施形態の一例となるアレイ導波路格子型光合分波回路の構成図を示し、図面を参照して詳細に説明する。
10

FIG. 5 Aに示す本発明に係るアレイ導波路格子型光合分波回路は、FIG. 8に示した従来のアレイ導波路格子型光合分波回路と略同等の構成でよい。即ち、第1の光導波路となる入力導波路1と、入力導波路1に接続された第1のスラブ導波路2と、第1のスラブ導波路2に接続され、所定の導波路長差で順次長くなる複数の光導波路からなるアレイ導波路3と、アレイ導波路3に接続された第2のスラブ導波路4と、第2のスラブ導波路4に複数接続された第2の光導波路となる出力導波路5とを有する。これらは、平面な基板10上に形成された屈折率の高いコアとその回りのクラッドから成る光導波路を用いて構成されている。なお、入力導波路1は複数でもよい。
15

また、入力導波路1と第1のスラブ導波路2の間に、放物線状のパラボラ導波路6を設けてある。このパラボラ導波路6も、FIG. 9 Bに示したものと同等のものでよく、 A を係数、 W_0 を入力導波路1の幅、 Z_0 を第1のスラブ導波路2からのパラボラ導波路6の長さとする、第1のスラブ導波路2に接する入力光導波路1の幅 W が、光波の伝搬軸 Z に対して、以下の数式で規定される
20 ものである（FIG. 5 B参照）。
25

- 10 -

$$Z = A (W^2 - W_0^2) - Z_0 \quad \dots (1)$$

但し、 $0 \geq Z \geq -Z_0$ であり、 $A > 0$ である。

但し、本発明では、上記数式(1)に規定されるパラボラ導波路の構造を、
FIG. 3及びFIG. 4に示したグラフより、波長分散の小さい変数 z になる
5 ように Z_0 を設定する。つまり、パラボラ導波路の遠方界の電界分布のメイン・
ピークと第1サイド・ピークの振幅絶対値の比が0.217を上限とする $Z_{a,0}$ と、遠方界の電界分布のメイン・ピークと第1サイド・ピークの相対位相が3.
14ラジアンを下限とする $Z_{p,0}$ によって定められた範囲にパラボラ導波路長
 Z_0 が存在すること

$$10 \quad Z_{a,0} \leq Z_0 \leq Z_{p,0}$$

が条件となる。

また、本発明に係るアレイ導波路格子型光合分波回路では、第2のスラブ導
波路4と出力導波路5との間に、更に、テーパ状のテーパ導波路7を設けてあ
る。このテーパ導波路7は、 A' を係数、 W_0' を出力導波路5の幅、 Z_0' を
15 第2のスラブ導波路4からのテーパ導波路7の長さとする、第2のスラブ導
波路4に接する出力光導波路5の幅 W' が、光波の伝搬軸 Z に対して、以下の
数式で規定されるものである(FIG. 5C)。

$$Z = A' (W' - W_0') - Z_0'$$

但し、 $0 \geq Z \geq -Z_0'$ であり、 $A' \geq 0$ である。

20 なお、上記テーパ導波路は、 $A' = 0$ の場合、つまり、テーパ導波路の傾き
が0である平行な光導波路を含み、必ずしもテーパ形状である必要はない。

次に、本発明に係る光回路の導波路の作製方法を、FIG. 6A～FIG. 6
Eを用いて簡単に説明する。

平面基板となるシリコン基板11上に火炎堆積法で SiO_2 を主体にした下
25 部クラッドガラススト12、 SiO_2 に GeO_2 を添加したコアガラススト

1 3を堆積する（F I G. 6 A）。

その後、1000℃以上の高温でガラス透明化を行い、下部クラッドガラス
スート12は下部クラッドガラス層14となり、コアガラススート13はコア
ガラス15となる。この時に、下部クラッドガラス層14は30μm厚、コア
5 ガラス15は7μm厚となるように、下部クラッドガラススート12、コアガ
ラススート13の堆積は行われている（F I G. 6 B）。

引き続き、フォトリソグラフィ技術を用いてコアガラス15上にエッチング
マスク16を形成し（F I G. 6 C）、反応性イオンエッチングによってコアガ
ラス15のパターン化を行う（F I G. 6 D）。ここで、F I G. 5に示すよう
10 な形状の光導波路を形成することとなる。

エッチングマスク16を除去した後、上部クラッドガラス17を再度火炎堆
積法で形成する。上部クラッドガラス17には B_2O_3 や P_2O_5 などのドーパン
トを添加してガラス転移温度を下げ、パターン化されたコアガラス15同士の
狭い隙間にも上部クラッドガラス17が入り込むようにしている（F I G. 6
15 E）。

上記光回路は、本発明に係る実施形態の一例として、光導波路がシリコンの
平面基板上の石英系ガラス光導波路で構成されているアレイ導波路格子型光合
分波回路を示したものであるが、その光導波路の材料がポリイミド、シリコー
ン、半導体、 $LiNbO_3$ などであっても本発明は適用可能である。また、平面
20 基板も

シリコンに限定するものではない。

F I G. 4に示した波長分散の依存性を実際に検証するため、パラボラ導
波路長さを250～600μmの範囲で設計したアレイ導波路格子型光合分波
回路の波長分散を測定した。ここで、従来設計によるパラボラ導波路長 $Z_0=2$
25 50μmを基準とした。F I G. 7 Aはパラボラ導波路長さ Z_0 と波長分散の関

係を示す。 $Z_0 = 400 \mu\text{m}$ 、すなわち、 $\zeta = 1.6$ において波長分散は略ゼロになることが確認された。

本発明に基づいて $\zeta = 1.6$ 、すなわち、 $Z_0 = 1.6 \times 250 = 400 \mu\text{m}$ として設計したパラボラ導波路を有するチャネル間隔50GHzのアレイ導波
5 路格子型光合分波回路の波長分散特性及び損失をFIG. 7Bに示す。FIG. 7Bに示すように、本発明に係るアレイ導波路格子型光合分波回路では、 -15 ps/nm 以下の低波長分散特性が実現されると共に、波長に対する波長分散を3dB帯域内で略平坦化することもできた。この波長分散は、FIG. 4に示した従来設計による分散値 -58 ps/nm と比較して、略1/4（約2
10 6%）まで大きく低減されている。

産業上の利用可能性

本発明は、アレイ導波路格子型光合分波回路の透過波長のパスバンドを拡大すると共に、従来同時に達成することができなかった波長分散の低減を実現す
15 ることができ、又、波長に対する波長分散のばらつきも略平坦化することができる。更に、従来技術において明らかでなかったパラボラ導波路の設計指針を与えることによって、設計の効率化を図ることもできる。

- 13 -

請 求 の 範 囲

1. 平面基板上に、複数の第1の光導波路と、前記第1の光導波路に接続された第1のスラブ導波路と、前記第1のスラブ導波路に接続され、所定の導波
 5 路長差で順次長くなる複数の光導波路からなるアレイ導波路と、前記アレイ導波路に接続された第2のスラブ導波路と、前記第2のスラブ導波路に接続された複数の第2の光導波路とを配置してなるアレイ導波路格子型光合分波回路において、

前記第1のスラブ導波路に接する前記第1の光導波路の幅 W が、光波の伝搬
 10 軸 Z に対して、 A を係数、 W_0 を前記第1の光導波路の幅、 Z_0 を前記第1のスラブ導波路からの長さとする、

$$Z = A (W^2 - W_0^2) - Z_0$$

によって規定されるパラボラ導波路であり、

前記第2のスラブ導波路に接する前記第2の光導波路の幅 W' が、光波の伝
 15 搬軸 Z に対して、 A' を係数、 W_0' を前記第2の光導波路の幅、 Z_0' を前記第2のスラブ導波路からの長さとする、

$$Z = A' (W'^2 - W_0'^2) - Z_0'$$

によって規定されるテーパ導波路であり、

前記パラボラ導波路の遠方界の電界分布のメイン・ピークと第1サイド・ピー
 20 クの振幅絶対値の比が0.217を上限とする $Z_{a,0}$ と、遠方界の電界分布のメイン・ピークと第1サイド・ピークの相対位相が3.14ラジアンを下限とする $Z_{p,0}$ によって定められた範囲に前記長さ Z_0 を設定したこと

$$Z_{a,0} \leq Z_0 \leq Z_{p,0}$$

を特徴とするアレイ導波路格子型光合分波回路。

- 14 -

2. 請求項 1 に記載のアレイ導波路格子型光合分波回路において、

前記各導波路は、シリコンの平面基板上の石英系ガラス光導波路であることを特徴とするアレイ導波路格子型光合分波回路。

1/11

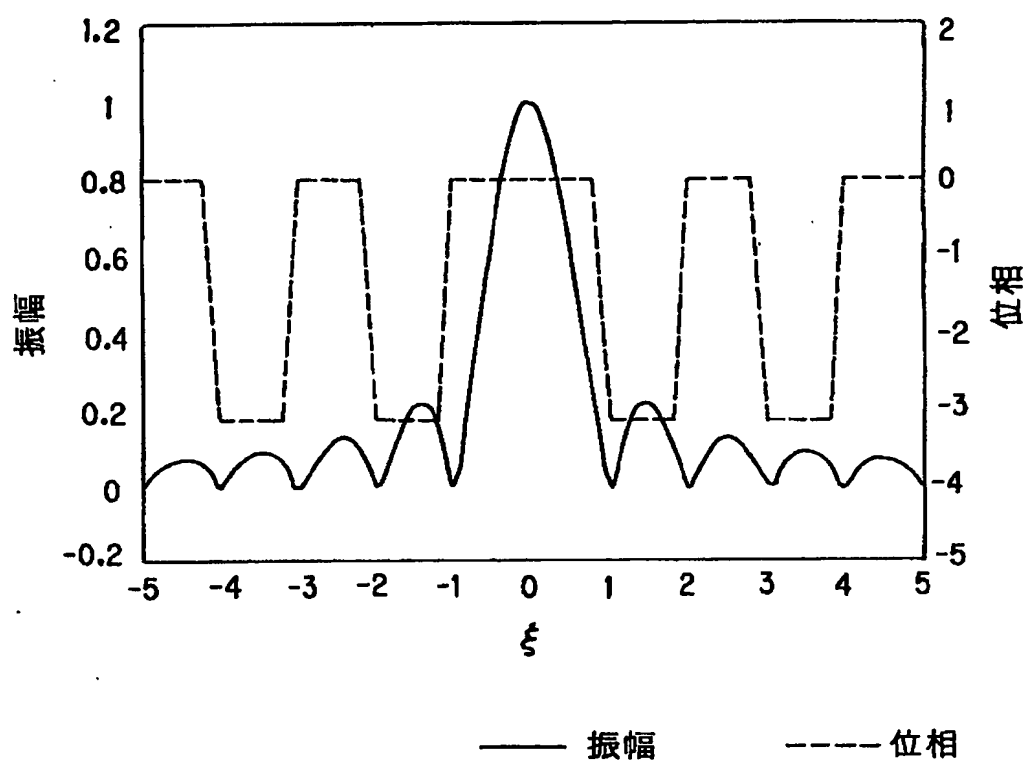


FIG.1

2/11

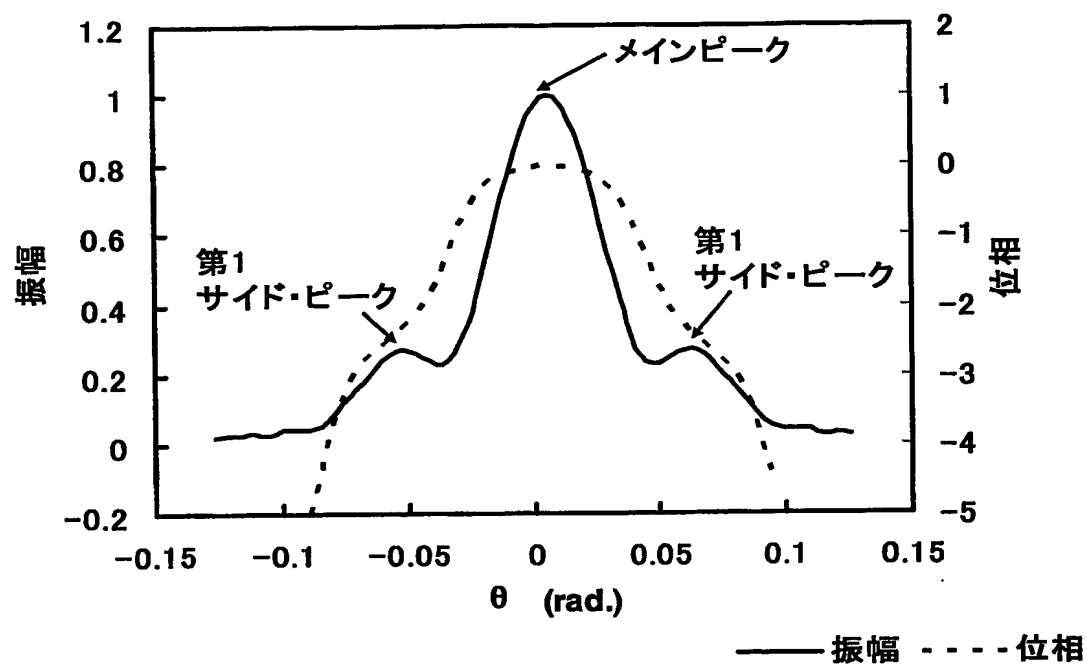


FIG.2

3/11

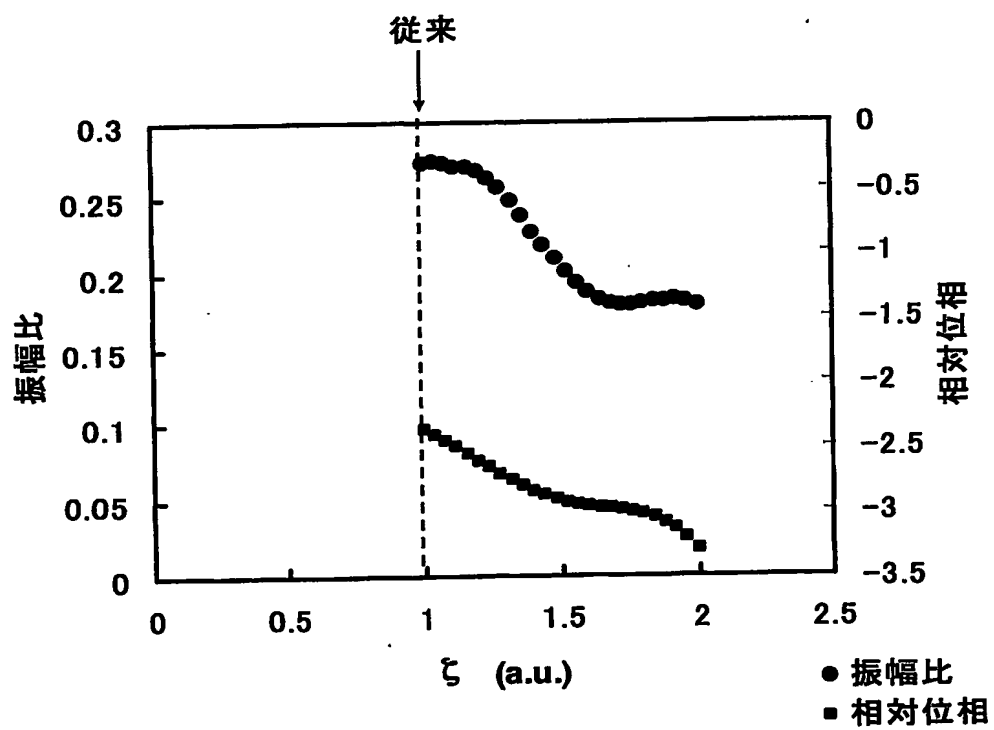


FIG.3

4/11

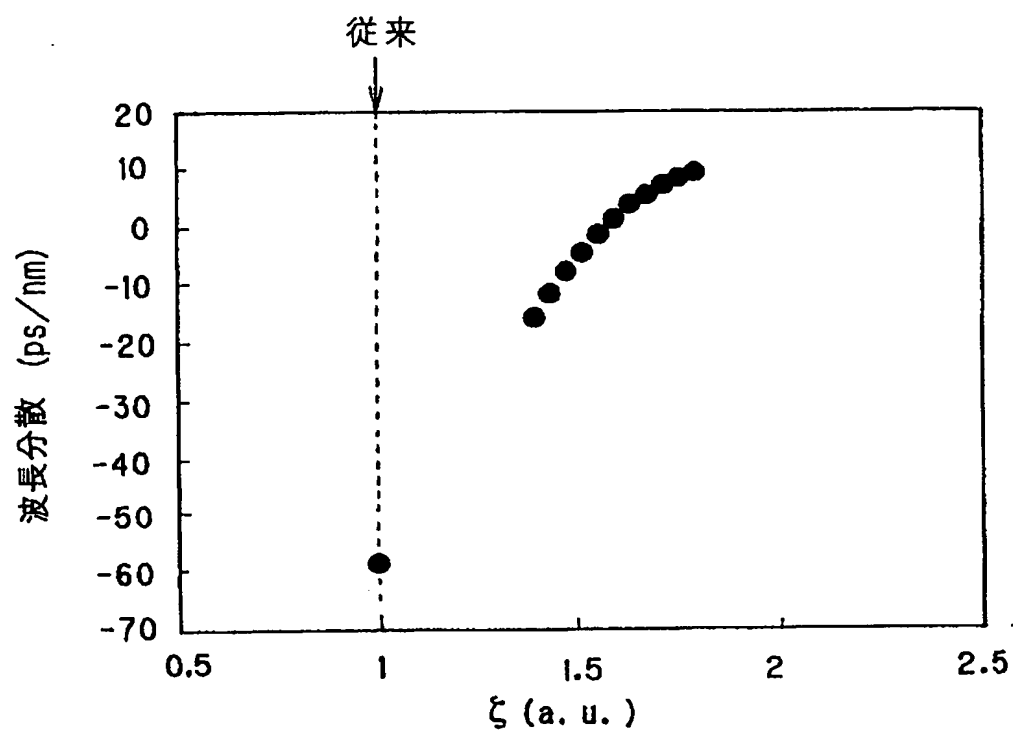


FIG.4

5/11

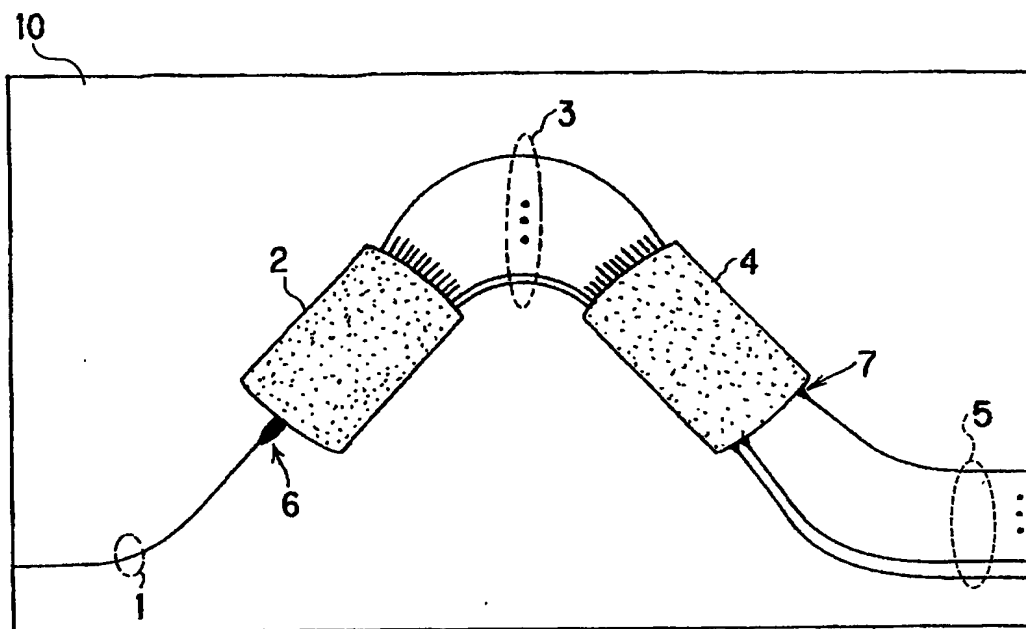


FIG. 5A

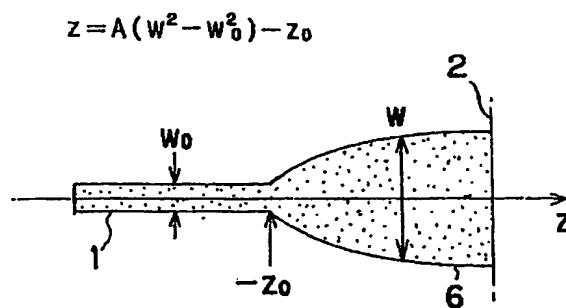


FIG. 5B

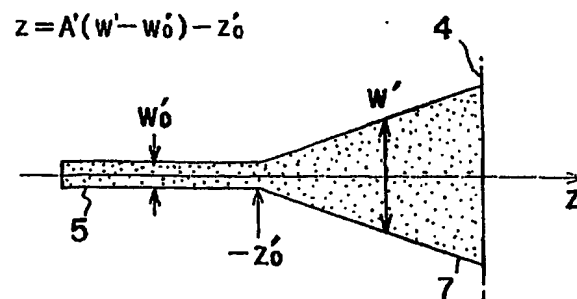


FIG. 5C

6/11

FIG.6A



FIG.6B



FIG.6C

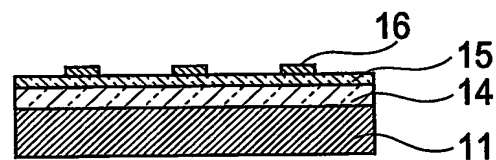


FIG.6D

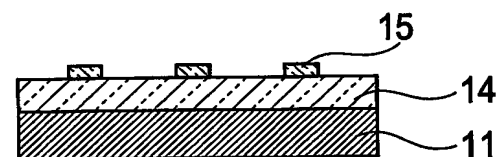
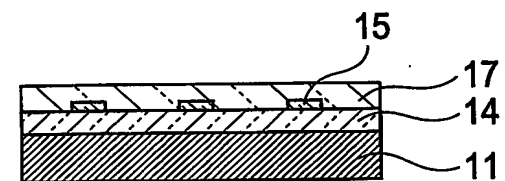


FIG.6E



711f

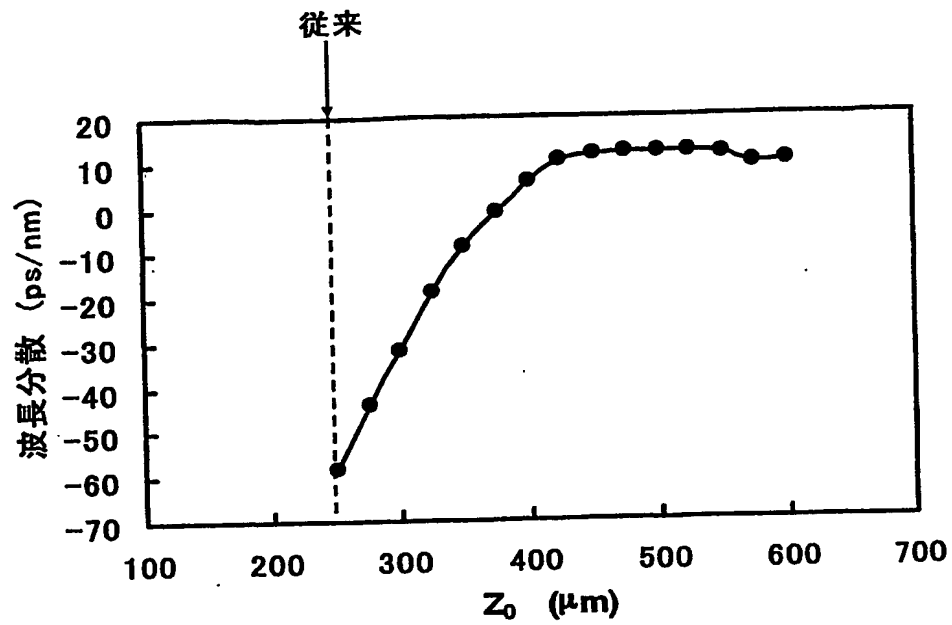


FIG. 7A

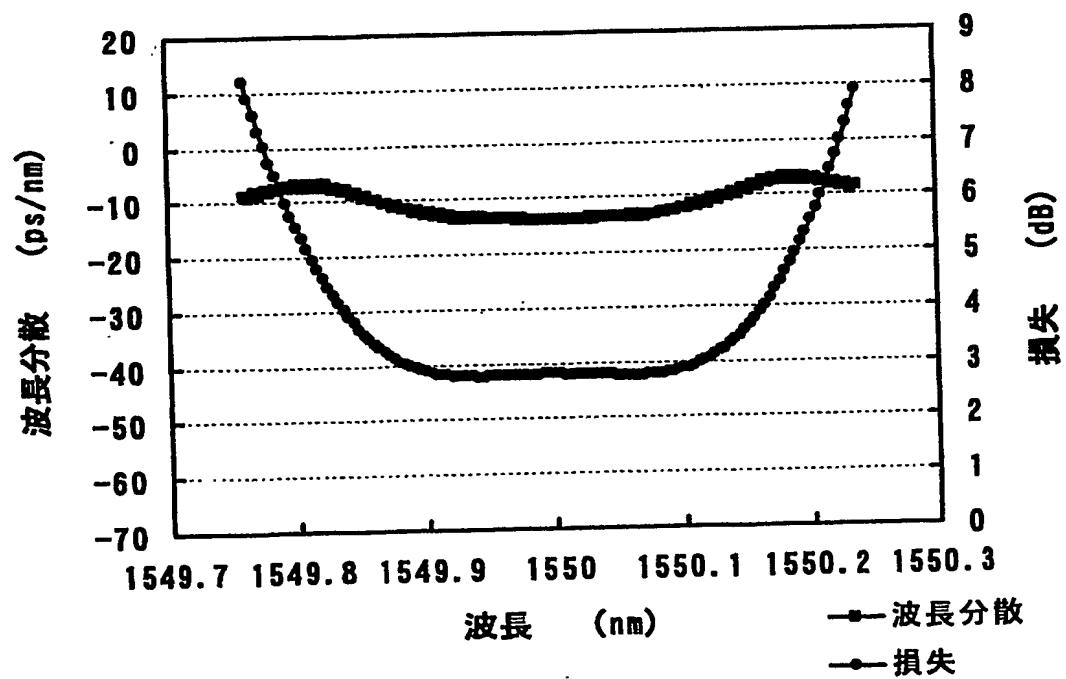
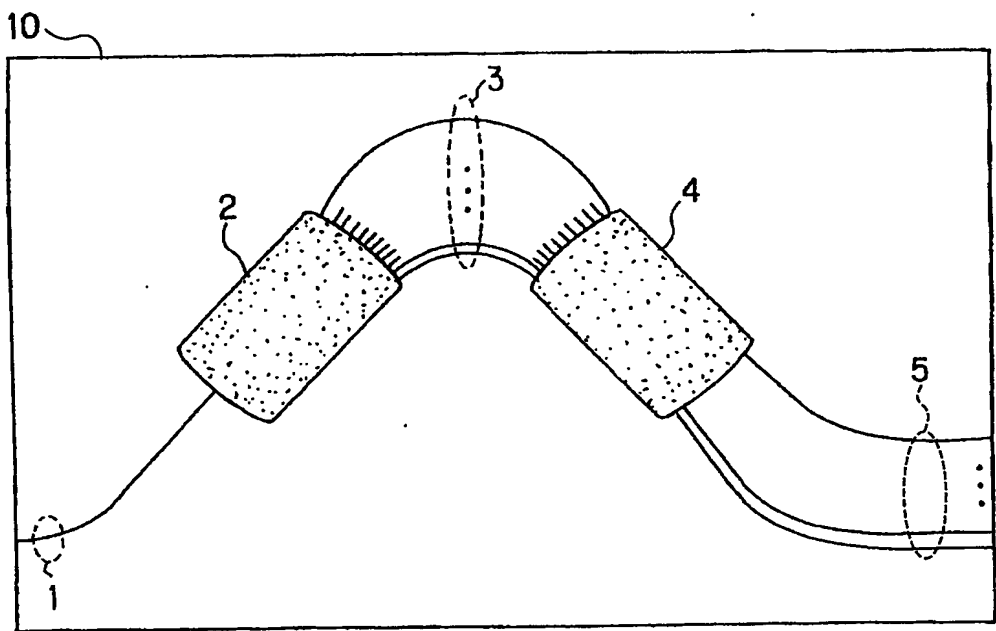


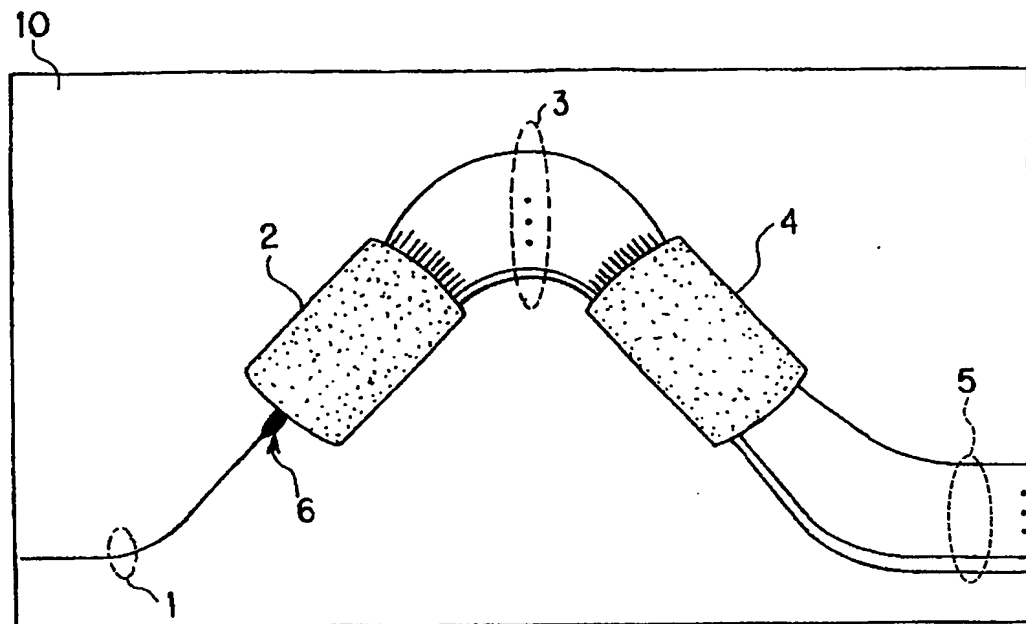
FIG. 7B



従来技術

FIG.8

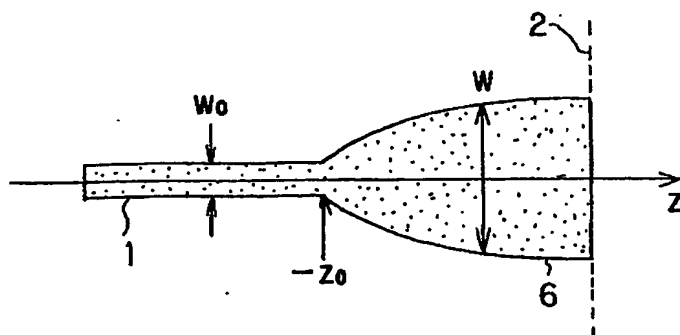
9/11



従来技術

FIG. 9A

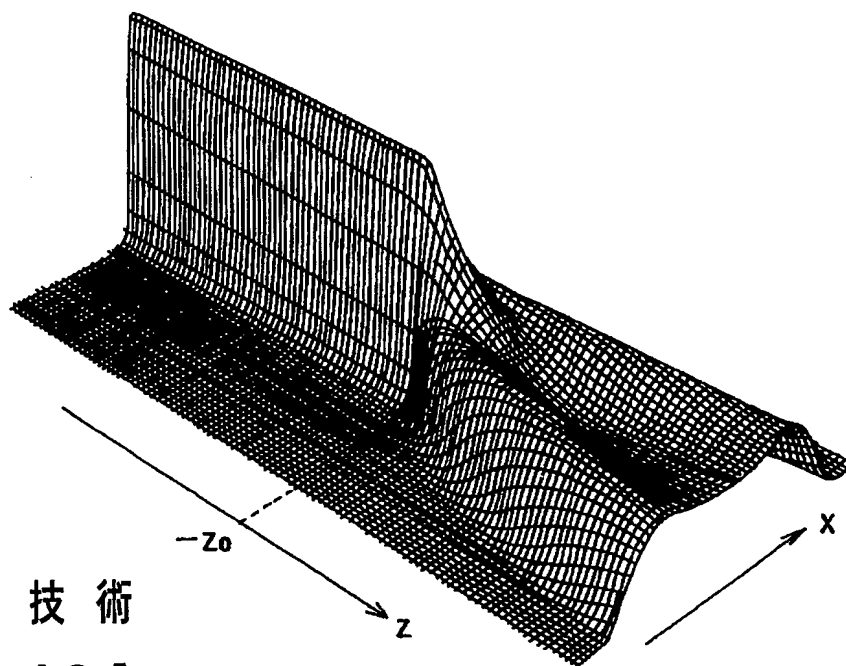
$$z = A(w^2 - w_0^2) - z_0$$



従来技術

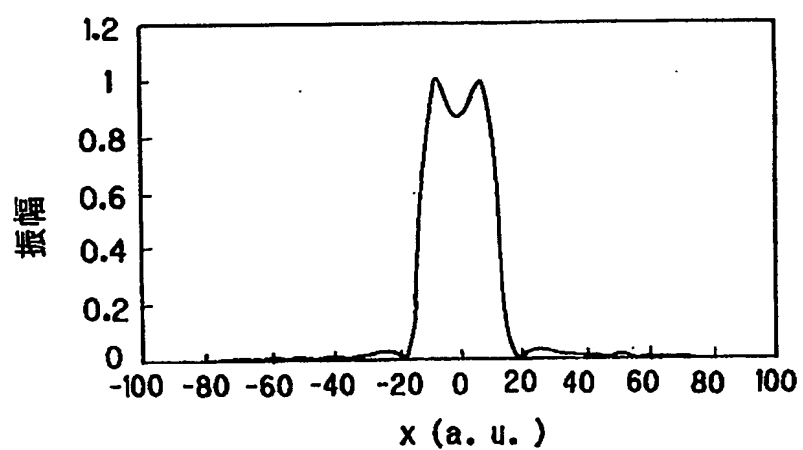
FIG. 9B

10/11



従来技術

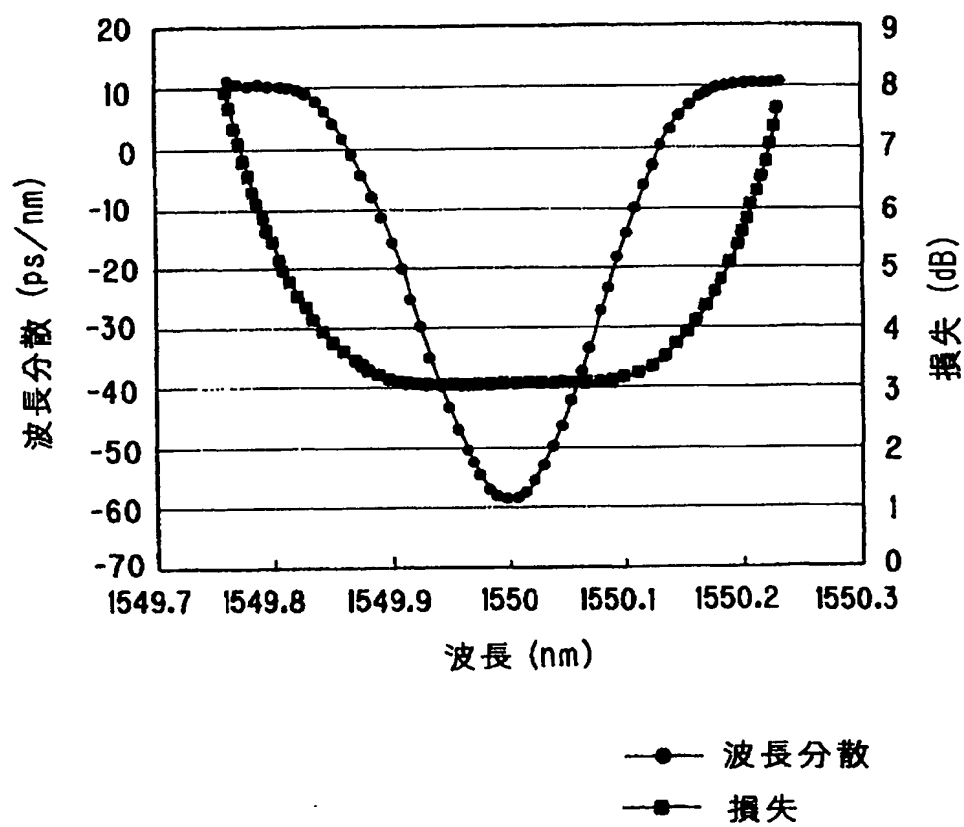
FIG.10A



従来技術

FIG.10B

11/11



従来技術

FIG.11

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/17065

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ G02B6/12

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ G02B6/12-6/14, G02B6/28-6/293, G02B6/34

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

| | | | |
|---------------------------|-----------|----------------------------|-----------|
| Jitsuyo Shinan Koho | 1922-1996 | Toroku Jitsuyo Shinan Koho | 1994-2004 |
| Kokai Jitsuyo Shinan Koho | 1971-2004 | Jitsuyo Shinan Toroku Koho | 1996-2004 |

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|-----------|---|-----------------------|
| P, A | EP 1333300 A2 (NTT Electronics Corp.), 06 August, 2003 (06.08.03), Full text; all drawings & JP 2003-227948 A & US 2003/0185512 A1 | 1-2 |
| A | EP 783118 A1 (Alcatel Alsthom Compagnie Generale d'Electricite), 09 July, 1997 (09.07.97), Full text; all drawings & JP 9-189825 A & US 5751872 A | 1-2 |
| A | JP 7-333447 A (Nippon Telegraph And Telephone Corp.), 22 December, 1995 (22.12.95), Full text; all drawings (Family: none) | 1-2 |

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
 "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
 "E" earlier document but published on or after the international filing date
 "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
 "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
 "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"I" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
 "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
 "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
 "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
03 March, 2004 (03.03.04)

Date of mailing of the international search report
16 March, 2004 (16.03.04)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/17065

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|-----------|--|-----------------------|
| A | FR 2779298 A1 (Hitachi Cable Ltd.), 03 December, 1999 (03.12.99), Full text; all drawings & JP 11-344626 A & JP 11-344627 A & US 6222956 B | 1-2 |
| A | US 5136671 A (AT & T Bell Laboratories), 04 August, 1992 (04.08.92), Full text; all drawings & JP 6-250030 A & EP 528652 A1 | 1-2 |
| A | US 5467418 A (AT & T Corp.), 14 November, 1995 (14.11.95), Full text; all drawings & JP 8-76155 A & EP 699928 A1 | 1-2 |
| A | US 6298186 B1 (MetroPhotonics Inc.), 02 October, 2001 (02.10.01), Full text; all drawings & EP 1170605 A2 | 1-2 |
| A | JP 11-142661 A (Nippon Telegraph And Telephone Corp.), 28 May, 1999 (28.05.99), Full text; all drawings (Family: none) | 1-2 |
| A | JP 2002-90561 A (Sumitomo Electric Industries, Ltd.), 27 March, 2002 (29.03.02), Full text; all drawings & US 2002/0057865 A1 | 1-2 |
| A | JP 2002-311264 A (NEC Corp.), 23 October, 2002 (23.10.02), Full text; all drawings & US 2002/0150338 A1 | 1-2 |
| A | JP 9-297228 A (Nippon Telegraph And Telephone Corp.), 18 November, 1997 (18.11.97), Full text; all drawings (Family: none) | 1-2 |
| A | K. OKAMOTO et al., Electronics Letters, 29 August, 1996 (29.08.96), Vol.32, No.8, pages 1661 to 1662 | 1-2 |
| A | H. YAMADA et al., Optics Letters, 15 April, 2000 (15.04.00), Vol.25, No.8, pages 569 to 571 | 1-2 |
| A | M.E. Marhic et al., IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics, November 2002, Vol.8, No.6, pages 1149 to 1157 | 1-2 |

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/17065

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|-----------|---|-----------------------|
| A | Mikitaka ITO et al., 2002 Nen The Institute of Electronics, Information and Communication Engineers Electronics Society Taikai, 20 August, 2002 (20.08.02), Koen Ronbunshu 1, page 161. | 1-2 |
| P,A | T. Kitoh et al., Electronics Letters, 24 July, 2003 (24.07.03), Vol.39, No.15, pages 1116 to 1118 | 1-2 |

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ G02B6/12

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ G02B6/12-6/14
G02B6/28-6/293 G02B6/34

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

| | |
|-------------|------------|
| 日本国実用新案公報 | 1922-1996年 |
| 日本国公開実用新案公報 | 1971-2004年 |
| 日本国登録実用新案公報 | 1994-2004年 |
| 日本国実用新案登録公報 | 1996-2004年 |

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

| 引用文献の カテゴリー* | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示 | 関連する 請求の範囲の番号 |
|-----------------|--|------------------|
| PA | EP 1333300 A2 (NTT Electronics Corporation) 2003.08.06 全文、全図 &JP 2003-227948 A &US 2003/0185512 A1 | 1-2 |
| A | EP 783118 A1 (Alcatel Alsthom Compagnie Generale d'Electricite) 1997. 07.09 全文、全図 &JP 9-189825 A &US 5751872 A | 1-2 |
| A | JP 7-333447 A (日本電信電話株式会社) 1995.12.22 全文、全図 (ファミリーなし) | 1-2 |

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献
「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

03.03.04

国際調査報告の発送日

16.3.2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)
郵便番号100-8915
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

日夏 貴史

2K

9411

電話番号 03-3581-1101 内線 3253

| C (続き) . 関連すると認められる文献 | | |
|-----------------------|--|------------------|
| 引用文献の カテゴリー* | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示 | 関連する 請求の範囲の番号 |
| A | FR 2779298 A1 (Hitachi Cable Ltd.) 1999.12.03 全文、全図 &JP 11-344626 A &JP 11-344627 A &US 6222956 B | 1-2 |
| A | US 5136671 A (AT&T Bell Laboratories) 1992.08.04 全文、全図 &JP 6-250030 A &EP 528652 A1 | 1-2 |
| A | US 5467418 A (AT&T IPM Corp.) 1995.11.14 全文、全図 &JP 8-76155 A &EP 699928 A1 | 1-2 |
| A | US 6298186 B1 (MetroPhotonics Inc.) 2001.10.02 全文、全図 &EP 1170605 A2 | 1-2 |
| A | JP 11-142661 A (日本電信電話株式会社) 1999.05.28 全文、全図 (ファミリーなし) | 1-2 |
| A | JP 2002-90561 A (住友電気工業株式会社) 2002.03.27 全文、全図 &US 2002/0057865 A1 | 1-2 |
| A | JP 2002-311264 A (日本電気株式会社) 2002.10.23 全文、全図 &US 2002/0150338 A1 | 1-2 |
| A | JP 9-297228 A (日本電信電話株式会社) 1997.11.18 全文、全図 (ファミリーなし) | 1-2 |
| A | K.Okamoto et.al., Electronics Letters, 29 August 1996, Vol.32 No.8, pp.1 661-1662 | 1-2 |
| A | H.Yamada et.al., Optics Letters, 15 April 2000, Vol.25 No.8, pp.569-571 | 1-2 |
| A | M.E.Marhic et.al., IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electroni cs, November 2002, Vol.8 No.6, pp.1149-1157 | 1-2 |
| A | 井藤幹隆 et.al., 2002 年電子情報通信学会エレクトロニクスソサイエ ティ大会, 2002 年 08 月 20 日, 講演論文集 1, p.161 | 1-2 |
| P A | T.Kitoh et.al., Electronics Letters, 24 July 2003, Vol.39 No.15, pp.1116-1 118 | 1-2 |